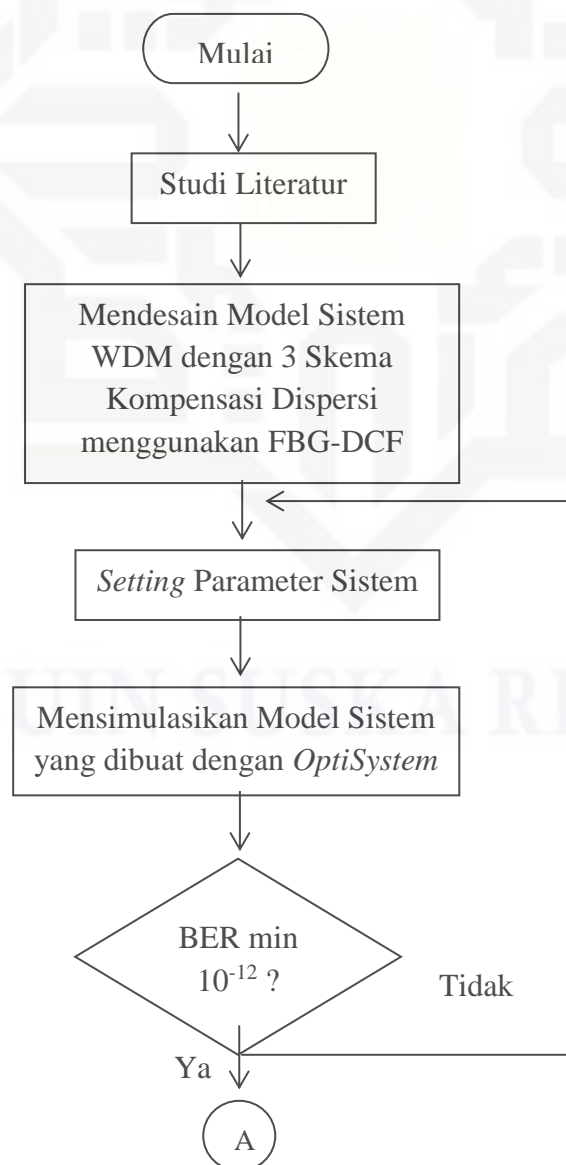


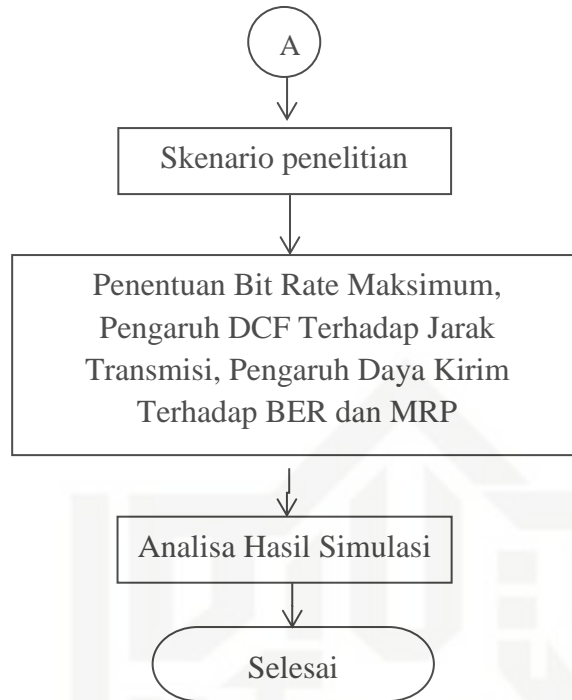
- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas tentang bagaimana tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam melakukan penelitian. Model sistem yang akan disimulasikan yaitu sistem WDM dengan tiga skema kompensasi dispersi (*pre*, *post* dan *symetris*) dengan *line coding Return to Zero* (RZ) menggunakan *Fiber Bragg Gratings* (FBG) dan *Dispersion Compensation Fiber* (DCF) yang akan disimulasikan dengan menggunakan *software optisystem*, dimana *Software optisystem* dilengkapi dengan *virtual instrument*, sehingga pengukuran tersebut dapat dilakukan dengan lancar tanpa terkendala dan keterbatasan peralatan. Penelitian Tugas Akhir ini akan dilalui dalam beberapa tahapan. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan dapat dilihat pada *flow chart* di bawah ini:

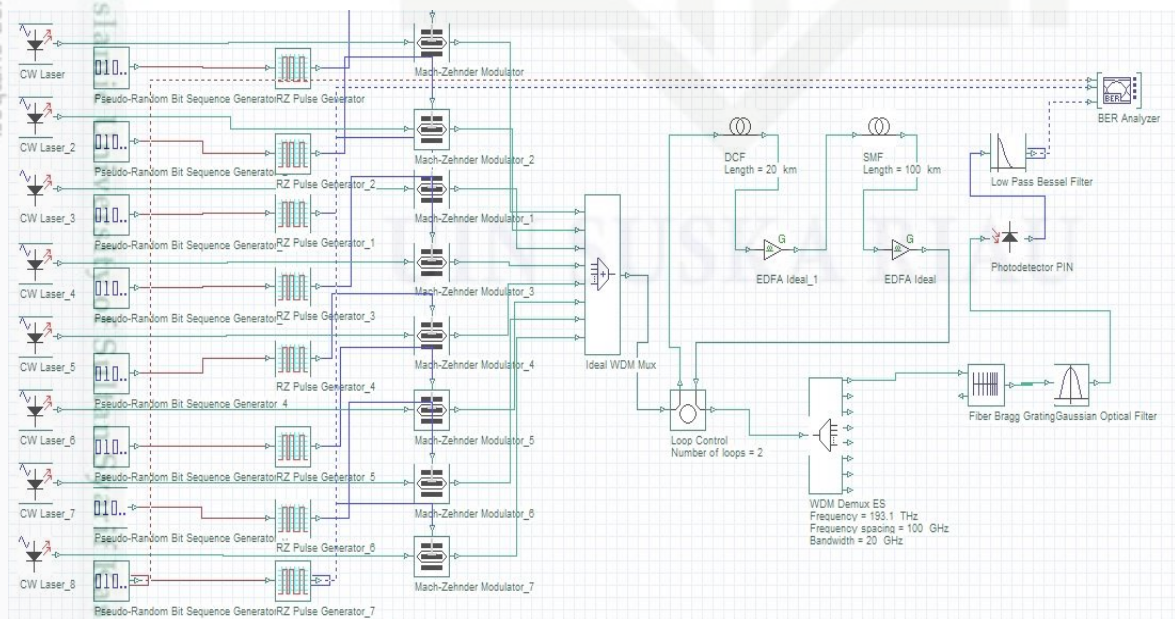




Gambar 3.1 *Flow Chart* Penelitian

3.1 Pemodelan Jaringan

Model sistem yang akan dirancang adalah sistem WDM dengan tiga skema kompensasi dispersi (*Pre*, *Post* dan *Symetris*) menggunakan FBG-DCF dengan *line coding Return to Zero* (RZ). Dibawah ini adalah gambar model sistem WDM dari ketiga kompensasi dispersi menggunakan FBG-DCF dengan *line coding* RZ pada *optisystem*.



Gambar 3.2. Model Sistem WDM Skema *Pre* Menggunakan FBG-DCF Pada *Optisystem*

Keterangan:

1. LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*)

Penelitian ini akan menggunakan LASER sebagai sumber optik untuk mentransmisikan sinyal ke dalam serat optik. Laser yang digunakan adalah CW Laser.

2. PRBS (*Pseudo Random Bit sequence*)

PRBS merupakan komponen yang digunakan untuk membangkitkan sinyal informasi berupa sinyal digital.

3. *Return to Zero* (RZ)

Return to Zero (RZ) berfungsi untuk mengkodekan Bit-Bit informasi yang dikirim oleh PRBS.

4. *Mach Zehnder Modulator* (MZM)

Mach Zehnder Modulator (MZM) alat ini digunakan untuk memodulasi sinyal elektrik dari laser yang membawa frekuensi yang telah diatur sedemikian rupa. Sehingga keluaran sinyal berupa sinyal cahaya (optik) yang membawa frekuensi tertentu untuk ditransmisikan melalui serat optik.

5. *Wavelength Division Multiplexer* (WDM)

Wavelength Division Multiplexer adalah perangkat yang digunakan untuk menggabungkan beberapa sinyal informasi dengan panjang gelombang yang berbeda-beda.

6. *Fiber Bragg Gratings* (FBG)

FBG berfungsi sebagai filter setelah sinyal digital dimodulasikan dengan cahaya.

7. *Dispersion Compensating Fiber* (DCF)

DCF berfungsi untuk mengurangi dispersi pada serat optik.

8. *Singlemode Fiber* (SMF)

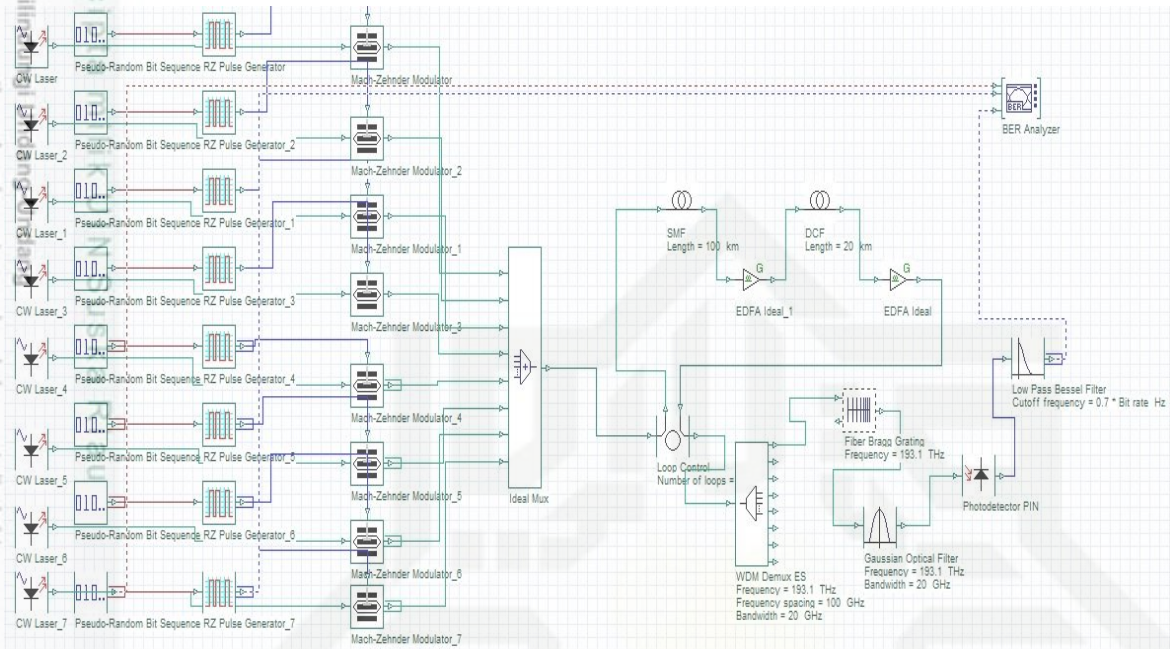
Singlemode Fiber (SMF) merupakan media transmisi yang digunakan untuk mengirimkan sinyal informasi melalui kabel fiber optik. SMF digunakan karena memiliki 1 mode propagasi cahaya, Yaitu merambat lurus sejajar dengan core. Sehingga rugi-rugi *delay* dapat di minimalkan.

9. PD (*Photodetector*)

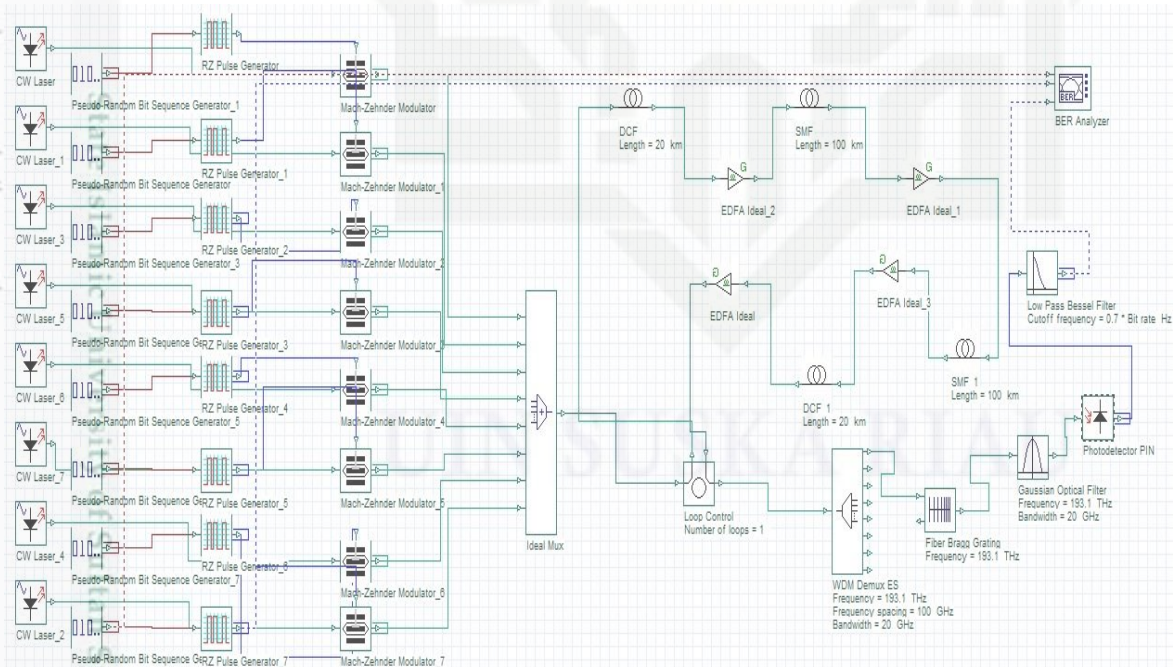
Photodetector dalam penelitian ini yang akan digunakan adalah *Photodetector* PIN.

10. BER analyzer

Digunakan untuk mengetahui seberapa besar kesalahan dalam pengiriman sinyal.



Gambar 3.3. Model Sistem WDM Skema *Post* Menggunakan FBG-DCF Pada *Optisystem*



Gambar 3.4. Model Sistem WDM Skema *Symetris* menggunakan FBG-DCF Pada *Optisystem*

Secara umum bagian sisi *Transmitter* digunakan sebagai perangkat yang menghubungkan sumber sinyal informasi dengan *multiplexer* yang akan dimultiplekskan agar dapat ditransmisikan melalui media transmisi. *Pseudo Random Bit Sequence* (PRBS) yang akan membangkitkan sinyal informasi digital dan diteruskan ke *line coding Return To Zero* (RZ) yang berfungsi untuk mengkodekan bit-bit informasi yang dikirim oleh PRBS. *Mach Zehnder Modulator* (MZM) alat ini digunakan untuk memodulasi sinyal elektrik dari laser yang membawa frekuensi yang telah diatur sedemikian rupa. Sehingga keluaran sinyal berupa sinyal cahaya (optik) yang membawa frekuensi tertentu untuk ditransmisikan melalui serat optik. Sinyal optik keluaran dari MZM akan di-*multiplex*-kan oleh WDM (*mux*).

Bagian sisi *Receiver* merupakan perangkat yang menerima sinyal informasi dari media transmisi. Sinyal digital yang ditransmisikan oleh media optik akan diterima oleh *loop control* sebelum di transmisikan ke serat optik. Keluaran lain dari *loop control* juga akan di-*demultiplex*-kan terlebih dahulu oleh WDM (*demux*) dan di *filter* terlebih oleh FBG sebelum diteruskan ke photodetektor. Media transmisi yang digunakan dalam model sistem ini adalah serat optik dengan jenis *step indeks singlemode*, karena serat optik ini dapat digunakan untuk transmisi data dengan *bit rate* yang tinggi, mempunyai performansi terbaik untuk komunikasi jarak jauh, dan memiliki kapasitas *bandwidth* yang besar. *Singlemode Fiber* (SMF) digunakan bersama dengan DCF untuk mengurangi dispersi sinyal yang diterima berdasarkan nilai *Q-Factor* dan *Bit Error Rate* (BER). Perbedaan dari tiga skema kompensasi ini terletak pada DCF yang mana DCF yang digunakan pada sistem WDM dengan filter FBG pada skema kompensasi *pre* dan *post* diletakkan sebelum dan sesudah SMF pada rangkaian, sedangkan untuk skema *symetris* DCF diletakkan masing-masing sebelum dan sesudah SMF pada rangkaian. *Photodetector* akan mendeteksi sinyal cahaya dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. *BER analyzer* digunakan untuk mengetahui seberapa besar kesalahan dalam pengiriman sinyal.

3.2 Parameter Set up Jaringan

Di dalam *software Optisystem* terdapat parameter-parameter *Global* yang biasa digunakan dalam proses simulasi dan analisa seperti yang terlihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 *Global Parameter* pada *Optisystem* (Gusmawandi, 2016)

Nama	Nilai	Satuan
<i>Bit Rate</i>	10×10^9	bps
<i>Time Window</i>	$0,128 \times 10^{-7}$	s
<i>Sample Rate</i>	$63,99 \times 10^9$	Hz
<i>Sequence Length</i>	128	bit
<i>Sample per Bit</i>	64	
<i>Number of Sample</i>	8192	
<i>Sensitivity</i>	-100	dBm

Pada parameter *global*, untuk nilai *time window*, *sample rate* dan *number of samples* dimana perhitungannya sebagai berikut:

1. $Time\ window = Sequence\ length \times 1/Bit\ rate = 128 \times 1 / 1 \times 10^9 = 0,128 \times 10^{-7}\ s$
2. $Number\ of\ samples = Sequence\ length \times Samples\ per\ bit = 128 \times 64 = 8192\ sample$
3. $Sample\ rate = Number\ of\ samples / Time\ window = 8192 / 0,128 \times 10^{-6} = 63,99 \times 10^9\ Hz$

Di samping *Global Parameter*, setiap komponen yang terdapat pada model sistem ini juga harus diset parameternya. Parameter yang akan diset selanjutnya adalah parameter fiber. Pengaturan parameter Fiber dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.2 Parameter Fiber (Ranjana Rao, 2016)

Simulation Parameter	SMF	DCF
<i>Length (Km)</i>	4 s/d 160	1 s/d 31
<i>Attenuation (db/km)</i>	0.2	0.4
<i>Dispersion (ps/nm/km)</i>	16	-80
<i>Differential Slope (ps/nm²/km)</i>	0.08	0.2
<i>Differential Group Delay (ps/km)</i>	0.5	0.5

Untuk parameter *fiber* seperti pada tabel 3.2 di atas, panjang SMF yang digunakan terdiri dari beberapa jarak aplikasi diantaranya yaitu *short haul*, *long haul*, *ultra long haul* dan *extra long haul*. Pada jarak untuk aplikasi *short haul*, dimana nilai jarak transmisi

maksimumnya yaitu 40 km (ITU-T G.959.1, 2012). Untuk jarak aplikasi *long haul*, jarak tranmisi maksimumnya yaitu 80 km (ITU-T G.959.1, 2012). Untuk jarak aplikasi *ultra long haul*, jarak tranmisi maksimumnya yaitu 120 km (ITU-T G.959.1, 2012). Dan untuk jarak aplikasi *extra long haul*, jarak tranmisi maksimumnya yaitu 160 km (ITU-T G.959.1, 2012).. Sementara panjang DCF adalah 1 s/d 31 km. *Attenuasi* untuk SMF sebesar 0.2 db/km sedangkan *attenuasi* untuk DCF sebesar 0.4 db/km. Dispersi untuk SMF adalah 16 ps/nm/km sedangkan dispersi untuk DCF adalah -80 ps/nm/km berdasarkan sumber dari Ranjana Rao 2016.

Tabel 3.3 Parameter WDM (Ranjana Rao, 2016)

Nama	Nilai	Satuan
<i>Number of Output Ports</i>	8	
<i>Central Frequency Of First Chanel</i>	193.1	
<i>Chanel Spacing</i>	100	GHz
<i>Capacity</i>	8x10	Gbps

Pengaturan parameter CW LASER dalam rancangan simulasi model jaringan ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 3.4 Parameter CW LASER (ITU-T G.698.1 WDM, 2009)

Parameter	Nilai	Satuan
Panjang Gelombang	1552,32	Nm
Daya	-5 s/d 5	dBm

Filter yang digunakan dalam simulasi rancangan jaringan ini yaitu FBG dengan konfigurasi sebagai berikut:

Tabel 3.5 Parameter FBG (Gusmawandi, 2016)

Nama	Nilai	Satuan
Panjang Gelombang	1552,32	nm
<i>Effective Index</i>	1,45	

Tabel 3.6 Parameter EDFA (Jaiswal, 2013)

Nama	Nilai	Satuan
<i>Gain</i>	20	dB

Tabel 3.7 Parameter *Photodetector* PIN (Gusmawandi, 2016)

Nama	Nilai	Satuan
<i>Reponsitivity</i>	1	A/W
<i>Dark Current</i>	10	nA
<i>Center Frequency</i>	193,1	THz

3.3 Proses Simulasi Model Sistem

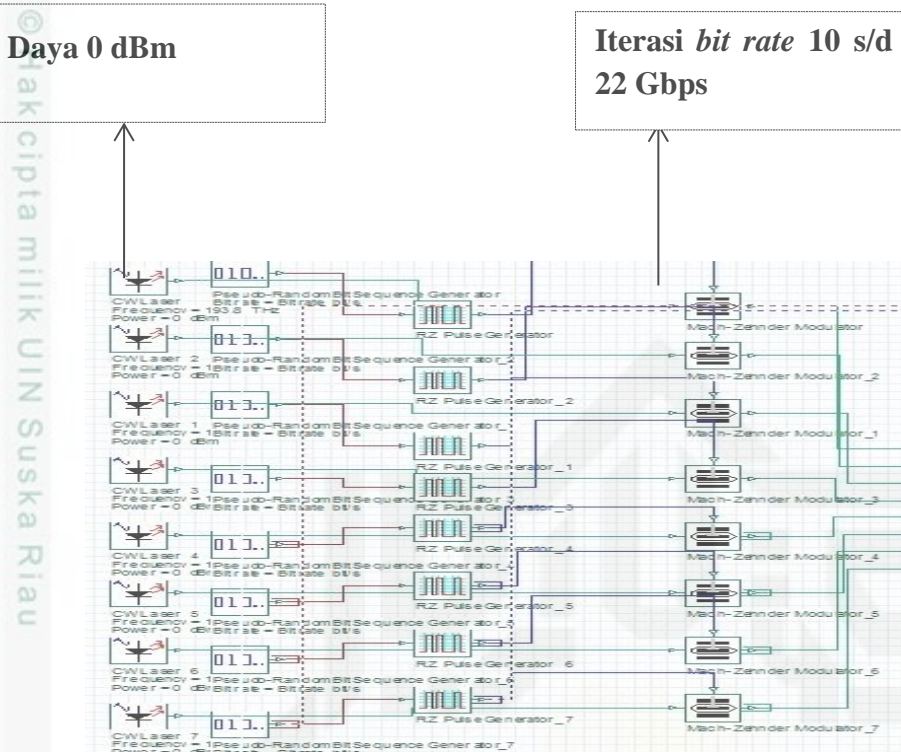
Setelah konfigurasi selesai, maka langkah selanjutnya adalah melakukan uji coba terhadap sistem yang dirancang tersebut, jika berjalan dengan baik dan BER sistem memenuhi standar yaitu 10^{-12} maka simulasi berhasil dan penulis akan menganalisa hasilnya. Dan jika tidak memenuhi standar BER sistem yang telah ditetapkan maka kembali mengatur parameter jaringan dan dilakukan verifikasi ulang simulasi dari awal.

3.4 Skenario Penelitian

Langkah pertama yang akan dilakukan dalam penelitian adalah menverifikasi model sistem yang dibuat dengan melihat besaran parameter *Bit Error Rate* (BER) pada *receiver*. Setelah konfigurasi selesai, maka tahapan selanjutnya dilakukan ujicoba dengan cara *running* simulasi tersebut. Jika berjalan dengan baik dan simulasi berhasil, maka penulis dapat untuk menganalisa hasilnya. Model sistem untuk kompensasi dispersi pada WDM harus memberikan nilai BER sistem sebesar 10^{-12} berdasarkan standar ITU-T G.698.1 WDM (2009) dan nilai *Q-Factor* harus memberikan nilai diatas 6 berdasarkan standar (Muhammad Pamungkas, 2015).

3.4.1 Penentuan *Bit Rate* Maksimum

Pengujian dilakukan untuk melihat *bit rate* maksimum dan menganalisa dengan melihat nilai *Q-Factor* dan *Bit Error Rate* (BER) yang dapat diimplementasikan pada model sistem WDM dengan teknik modulasi *Return to Zero* untuk masing-masing skema kompensasi dispersi (*pre*, *post* dan *symetris*).

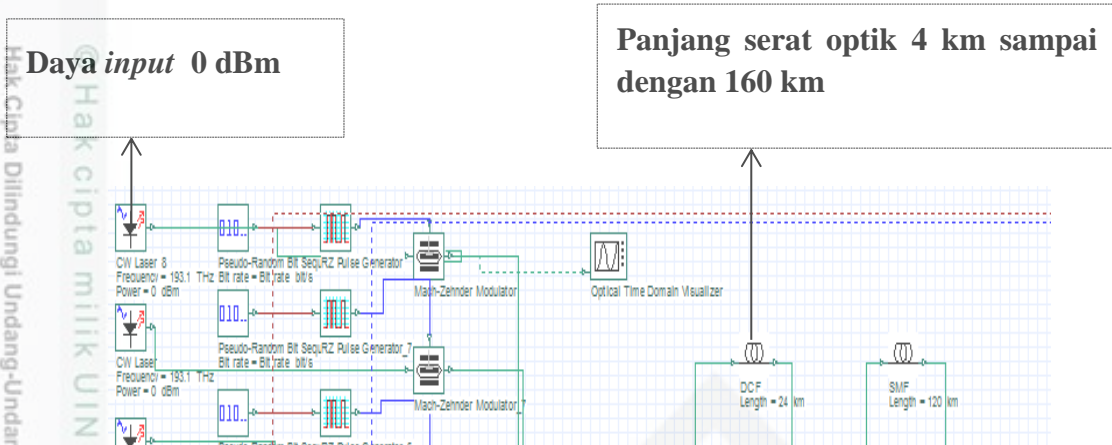


Gambar 3.5 Penentuan *Bit Rate* Maksimum

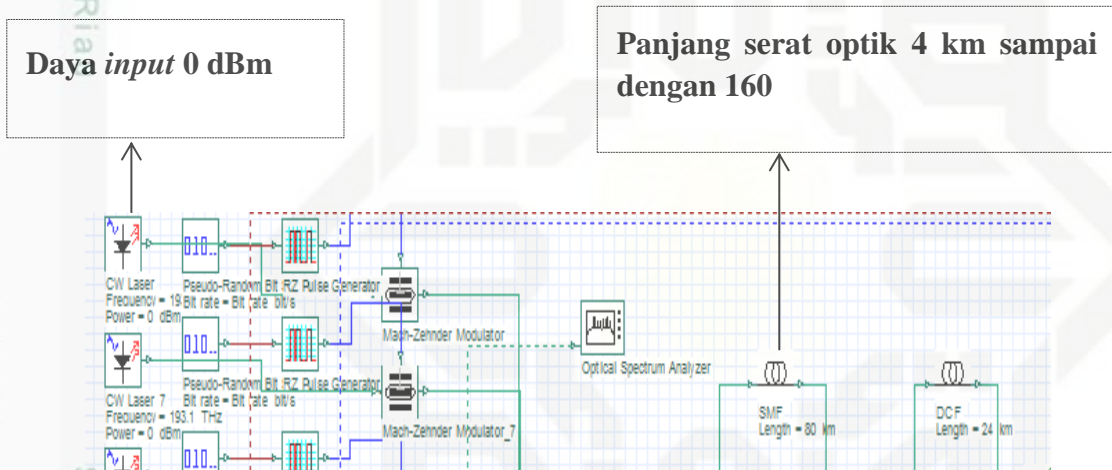
Gambar 3.5 di atas adalah untuk menentukan *bit rate* maksimum untuk skema kompensasi *pre*, *post* dan *symetris*. Pengujian dilakukan terhadap model sistem WDM yang akan disimulasikan pada jarak SMF 100 km dengan DCF 20 km. Sementara itu untuk penentuan *bit rate* pada penelitian sebelumnya hanya pada tingkat 10 Gbps. Pada penelitian ini akan terdiri beberapa macam dengan iterasi *bit rate* 10 Gbps hingga 22 Gbps. Standar pengukuran yang digunakan adalah standar ITU-T G.698.1 WDM (2009) dengan nilai BER sistem sebesar 10^{-12} .

3.4.2 Pengaruh DCF Terhadap Jarak Transmisi

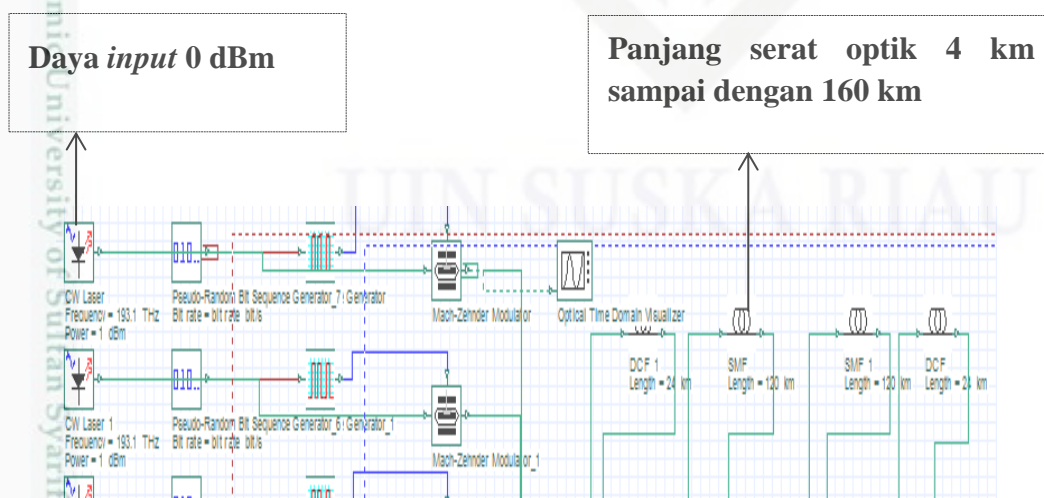
Pengujian dilakukan untuk melihat performansi skema kompensasi dispersi jaringan WDM dengan *line coding* RZ serta pengaruh dari DCF terhadap jarak transmisi dengan melihat nilai *Bit Error Rate* (BER) dengan daya *input* 0 dBm.



Gambar 3.6 Penentuan Pengaruh DCF Terhadap Jarak Transmisi Skema *Pre*



Gambar 3.7 Penentuan Pengaruh DCF Terhadap Jarak Transmisi Skema *Post*



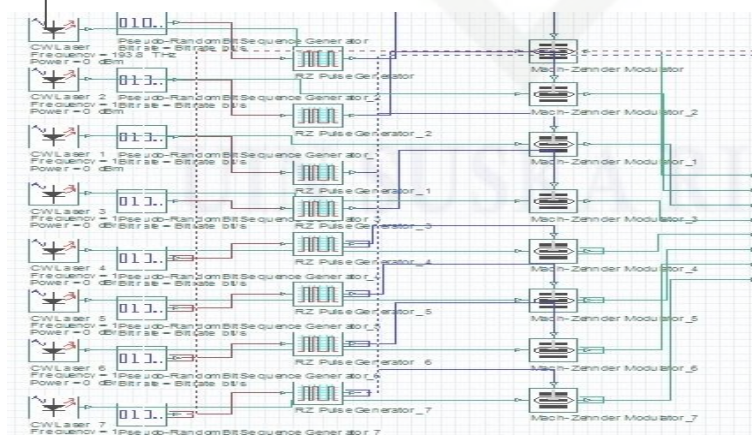
Gambar 3.8 Penentuan Pengaruh DCF Terhadap Jarak Transmisi Skema *Symetris*

Pada gambar di atas, pengujian dilakukan terhadap nilai *Bit Error Rate* dengan mengatur panjang SMF yang terdiri dari beberapa jarak aplikasi diantaranya yaitu *short haul*, *long haul*, *ultra long haul* dan *extra long haul*. Pada jarak untuk aplikasi *short haul*, dimana nilai jarak transmisi maksimumnya yaitu 40 km (ITU-T G.959.1, 2012). Untuk jarak aplikasi *long haul*, jarak transmisi maksimumnya yaitu 80 km (ITU-T G.959.1, 2012). Untuk jarak aplikasi *ultra long haul*, jarak transmisi maksimumnya yaitu 120 km (ITU-T G.959.1, 2012). Dan untuk jarak aplikasi *extra long haul*, jarak transmisi maksimumnya yaitu 160 km (ITU-T G.959.1, 2012). Panjang DCF yang digunakan yaitu 1 km sampai dengan 31 km. Daya *input* 0 dBm untuk setiap skema kompensasi yang di *setting* di CW LASER. Standar pengukuran yang digunakan adalah standar ITU-T WDM dengan nilai BER sistem sebesar 10^{-12} .

3.4.3 Pengaruh Daya kirim terhadap BER

Pada pengujian ini dilakukan penentuan daya *input* minimum yang dapat dikirim untuk masing-masing skema *pre*, *post* dan *symetris*. Berikut gambar penentuan daya *input* minimum.

Daya *input* dari -5 dBm sampai +5 dBm



Gambar 3.9 Penentuan Daya *Input* Minimum

Pada gambar di atas, pengukuran dilakukan dengan daya *input* dalam CW *Laser* yaitu dari -5 dBm sampai +5 dBm *bit rate* 10 Gbps dan 20 Gbps pada jarak SMF 100 km dan panjang DCF 20 km dengan melihat parameter BER sebagai pengukuran menggunakan standar ITU-T WDM dengan nilai BER sistem sebesar 10^{-12} .

3.4.4 Penentuan *Minimum Required Power* (MRP)

Di dalam sistem komunikasi optik, *Minimum Required Power* (MRP) merupakan salah satu parameter penting untuk menentukan daya minimum yang dibutuhkan oleh sistem untuk menghasilkan besaran BER. Penentuan nilai MRP sistem ini dilakukan untuk skema kompensasi *Pre*, *Post* dan *Symetris*.

3.5 Analisis Hasil Simulasi Untuk Beberapa Skenario

Pada tahap ini hasil penelitian yang akan dianalisis yaitu dari skenario pertama akan didapatkan grafik perbandingan *bit rate* maksimum untuk ketiga skema kompensasi dispersi (*pre*, *post*, dan *symetris*). Selanjutnya akan dibuatkan pengaruh DCF terhadap jarak transmisi baik untuk *pre*, *post* dan *symetris* untuk skenario kedua. *Bit Error Rate* yang di jadikan sebagai dasar standar untuk menentukan batas maksimum dispersi yang bisa diberikan yaitu 10^{-12} . Pada jarak SMF dan DCF, akan dibuatkan jarak variabel *control* atau tetap dan jarak yang berbeda-beda. DCF akan dijadikan sebagai variabel *control* atau tetap, kemudian SMF akan dijadikan variabel bebas dan akan dilihat nilai *Bit Error Rate* nya. Selanjutnya SMF akan dijadikan sebagai variabel *control* atau tetap dan DCF dijadikan sebagai variabel bebas. Dan diakhir nanti akan diperoleh nilai optimum untuk SMF dan DCF untuk mendapatkan performa yang terbaik. Selain itu akan didapatkan juga berapa panjang DCF yang dapat digunakan untuk jarak *short haul*, *long haul*, *ultra long haul* dan *extra long haul*. Pada skenario ketiga akan dianalisis pengaruh daya kirim terhadap BER dan akan dilihat daya *input* minimum. Pada skenario ketiga ini akan dibuatkan grafik untuk ketiga skema kompensasi *pre*, *post*, dan *symetris* untuk *bit rate* 10 Gbps dan 20 Gbps.

3.4 Kesimpulan

Dari hasil simulasi yang didapat maka dapat ditarik kesimpulan performansi kompensasi dispersi jaringan WDM dari masing-masing kompensasi dispersi *pre*, *post* dan

symetris dengan *line coding* RZ dan akan dilihat *bit rate* maksimum, pengaruh DCF terhadap jarak dan pengaruh daya kirim terhadap BER menggunakan FBG dan DCF.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

